



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei bekannten Vorrichtungen zum Ansteuern kapazitiver Stellglieder erfolgt der Ladeprozeß als Umschwingvorgang der Ladung von einer Ladungsquelle über eine Umladespule zum Stellglied, wobei die Induktivität der Umladespule zusammen mit den Kapazitäten der Ladungsquelle und des Stellgliedes die Zeitkonstante für den Lade- und Entladevorgang (die Lade- und Entladezeit) bestimmt.

Aus US 5,130,598 ist eine Vorrichtung zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes bekannt, bei welcher ein Piezo-Stellglied von einer Energiequelle über einen Ladeschalter und eine Spule mit von dem durch das Stellglied fließenden Strom und der an ihm anliegenden Spannung abhängigen Spannungsimpulsen geladen und entladen wird. Die Energiequelle muß wenigstens eine der maximalen Stellgliedspannung entsprechende Spannung liefern können, was sie zusammen mit der aufwendigen Schaltung sehr kostenintensiv macht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes zu schaffen, welche mit einer wesentlich einfacheren und kostengünstigeren Schaltung auskommt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, daß die Energiequelle eine wesentlich geringere Spannung als die am Stellglied benötigte Spannung erzeugen muß, und daß die Lade- und Entladedauer, die Spannung U_p am Stellglied, um einen bestimmten Hub zu erzeugen, sowie der Lade- und Entladeverlauf der Stellgliedspannung U_p beliebig festgelegt werden können.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist im folgenden unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 ein Diagramm der Ansteuersignale und der sich ergebenden Stellgliedspannung, und

Fig. 3 ein Schaltbild einer erweiterten Vorrichtung.

Die in **Fig. 1** dargestellte Prinzipschaltung einer Vorrichtung zum Ansteuern von kapazitiven Stellgliedern P_1 bis P_n , beispielsweise für Kraftstoffeinspritzventile einer Brennkraftmaschine, wird von einer Energiequelle versorgt, welche in diesem Ausführungsbeispiel aus einem von einer Bordnetzspannung gespeisten DC/DC-Wandler V mit einstellbarer Ausgangsspannung und einem auf dessen jeweilige Ausgangsspannung aufgeladenen Ladekondensator C_1 besteht.

Parallel zum Ladekondensator C_1 liegt eine Reihenschaltung der Primärspule w_1 eines Transformators Tr und eines Ladeschalters S_1 . Zwischen Bezugspotential GND und dem mit dem Ladeschalter S_1 verbundenen Anschluß der Primärspule w_1 ist eine vom Bezugspotential GND zur Primärspule w_1 hin stromleitende Diode D_1 angeordnet.

Der eine Anschluß der Sekundärspule w_2 des Transformators Tr ist über einen Entladeschalter S_2 mit dem Bezugspotential GND verbunden, wobei zwischen Bezugspotential GND und dem mit dem Entladeschalter S_2 verbundenen Anschluß der Sekundärspule w_2 eine vom Bezugspotential GND zur Sekundärspule w_2 hin stromleitende weitere Diode D_2 angeordnet ist.

Zwischen dem anderen Anschluß der Sekundärspule w_2 und Bezugspotential GND ist das anzusteuernde kapazitive

Stellglied angeordnet. Sind mehrere Stellglieder vorgesehen, wie in **Fig. 1** dargestellt, so sind diese parallel zueinander angeordnet, wobei mit jedem Stellglied P_1 bis P_n ein mit Bezugspotential GND verbundener Auswahlschalter A_1 bis A_n in Reihe geschaltet ist.

Zwischen der Sekundärspule w_2 und dem Stellglied bzw. den Stellgliedern ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung ein Filter F , beispielsweise ein Tiefpaßfilter, angeordnet.

Die Steuersignale des Ladeschalters S_1 , des Entladeschalters S_2 , der Auswahlschalter A_1 bis A_n und das Steuersignal zum Einstellen der Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers V werden von einer nicht dargestellten Steuerung ausgegeben, die Teil eines Motorsteuergeräts sein kann.

Die beschriebene Vorrichtung zum Ansteuern eines Stellgliedes, hier des Stellgliedes P_1 (die Ansteuerung weiterer Stellglieder erfolgt in gleicher Weise), in dieser einfachen Form arbeitet folgendermaßen:

In einem Anfangszustand sind alle kapazitiven Stellglieder P_1 bis P_n entladen, sind alle Schalter S_1 , S_2 und A_1 bis A_n nichtleitend, und ist der Ladekondensator C_1 auf eine vorgegebene Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers V aufgeladen.

Die Ansteuersignale für den Ladeschalter S_1 , den Entladeschalter S_2 und den Auswahlschalter A_1 sowie die daraus resultierende Stellgliedspannung U_p sind in **Fig. 2** dargestellt.

Wenn das Stellglied P_1 geladen werden soll, wird der Auswahlschalter A_1 im Zeitpunkt des Ladebeginns leitend gesteuert. Er bleibt bis über den Zeitpunkt t_4 , in welchem das Stellglied P_1 wieder entladen ist, leitend.

Zum Aufladen des Stellgliedes wird der Ladeschalter S_1 mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis im Pulsbetrieb mit einer vorgegebenen Zahl von Pulsweitenmodulierten Signalen bei der vorgegebenen Ladespannung angesteuert. Während des leitenden Zustandes des Ladeschalters S_1 steigt der Strom durch die Primärspule w_1 an und wird im Zeitpunkt t_1 durch Öffnen (nichtleitendsteuern) des Ladeschalters S_1 abgebrochen.

In dieser nichtleitenden Phase der Primärseite fließt über die Sekundärwicklung w_2 bei einem dem Windungsverhältnis w_2/w_1 entsprechenden Strom eine impulsförmige Spannung, die in dem Filter F geglättet wird, und lädt das Stellglied P_1 mit jedem Strompuls weiter auf, bis im Zeitpunkt t_2 nach der vorgegebenen Zahl von Pulsen eine vorgegebene Stellgliedspannung U_p in etwa erreicht ist. Der Sekundärkreis wird beim Laden des Stellgliedes über den Auswahlschalter A_1 und die Diode D_2 geschlossen.

Die Ladezeit t_2-t_1 , die beispielsweise zwischen $100\text{ }\mu\text{s}$ und $200\text{ }\mu\text{s}$ betragen kann, kann je nach Tastverhältnis variiert werden, wobei die Zahl der Pulse der gewünschten Stellgliedspannung U_p anzupassen ist.

Die Entladung des Stellgliedes ab dem Zeitpunkt t_3 erfolgt ebenfalls mit Pulsweiten-modulierten Signalen dadurch, daß der Entladeschalter S_2 pulsförmig leitend und nichtleitend gesteuert wird, wodurch die Stellgliedspannung U_p sinkt und im Zeitpunkt t_4 zu null wird. Die Entladezeit t_4-t_3 kann ebenfalls je nach Tastverhältnis variiert werden. Dabei fließt der Strom vom Stellglied über das Filter F , die Sekundärspule w_2 , den Entladeschalter S_2 und den Auswahlschalter A_1 zurück zum Stellglied.

Bei jedem Öffnen des Entladeschalters S_2 wird ein Teil der Entladeenergie auf die Primärseite des Transformators Tr übertragen und in den Ladekondensator C_1 rückgespeichert. Der Primärstromkreis schließt sich über die Diode D_1 .

Dieser gesteuerte Betrieb ist unbefriedigend, weil infolge

von Temperaturänderungen und Toleranzen der Schaltung, insbesondere des Transformators, die Ladespannung bzw. Ladeenergie oder Ladung, und damit der Hub des Stellgliedes nur näherungsweise bestimmt werden kann.

Aus diesem Grund sind in der erweiterten Schaltung nach Fig. 3 eine erste und eine zweite Meßeinrichtung in Form zweier Strommeßwiderstände R1 und R2 jeweils zwischen Ladeschalter S1 bzw. Entladeschalter S2 und Bezugspotential GND eingefügt, so daß mittels der am Meßwiderstand R1 abfallenden Spannung der zu ihr proportionale primäre Ladestrom und mittels der am Meßwiderstand R2 abfallenden Spannung der zu ihr proportionale sekundäre Entladestrom in der nicht dargestellten Steuerschaltung gemessen und danach die Auf- oder Entladung des Stellgliedes eingeregelt werden kann.

Auch die Stellgliedspannung Up kann gemessen und mit vorgegebenen Schwellwerten verglichen werden. Die Stellgliedspannung Up läßt erkennen, wann ein Stellglied auf eine einer bestimmten bzw. Ladung oder einem bestimmten Hub zugeordnete Spannung aufgeladen ist. Sie kann auch zum Nachladen eines Stellgliedes während einer längeren Haltephase (zwischen Laden und Entladen) benutzt werden, wenn sich das Stellglied über parasitäre Widerstände langsam selbst entlädt.

Die Dioden D1 und D2 können dabei, wie in Fig. 2 als Lösung a angegeben, parallel zur Reihenschaltung aus Lade- bzw. Entladeschalter S1, S2 und Meßwiderstand R1 bzw. R2 angeordnet sein; sie können aber auch nur parallel zum Lade- bzw. Entladeschalter S1, S2 und in Reihe mit dem jeweiligen Meßwiderstand R1, R2, wie als Lösung b eingezeichnet, angeordnet sein. Damit ist es möglich, über den Meßwiderstand R1 den Ladestrom primärseitig zu messen und ggf. durch Vergleich mit vorgegebenen Schwellwerten auf bestimmte Werte zu begrenzen; über den Meßwiderstand R2 kann der Entladestrom sekundärseitig gemessen werden.

Soll auch oder alternativ der Ladestrom sekundärseitig gemessen werden, so kann dazu eine dritte Meßeinrichtung, ein Meßwiderstand R3 verwendet werden, der zwischen dem Bezugspotential und einem gemeinsamen Verbindungspunkt aller Auswahlshalter A1 bis An angeordnet ist, wie in Fig. 3 als Lösung c dargestellt ist.

Zur sekundärseitigen Messung des Ladestroms könnte auch die zweite Meßeinrichtung – Meßwiderstand R2 – herangezogen werden, an der aber in diesem Fall eine negative Spannung abfällt, wozu eine aufwendigere Meßschaltung erforderlich wäre.

Mit dieser Schaltung können nun abhängig von den genannten, gemessenen Größen mittels Konstantwerten oder durch Variation der Ladekondensatorspannung, der Frequenz und des Tastverhältnisses der Pulsweiten-modulierten Steuersignale (letzteres auch über die Vorgabe von Stromschwellwerten für den Vergleich mit dem mittels der Meßwiderstände R1 und R2 ermittelten Lade- oder Entladestrom und mittels der Abfolge – kontinuierliche Pulsfolge oder Auslassen einzelner Pulse – für den Lade- und Entladeschalter S1 und S2) alle möglichen Formen und Dauern der Lade- und Entladekurve der Stellgliedspannung Up für jedes einzelne Stellglied dargestellt werden. Jedes Stellglied kann mit einem jeweils vorgegebenen, konstanten Energie- oder Ladungsbetrag, mit einem an die temperaturabhängige Kapazität des jeweiligen Stellgliedes angepaßten Energie- oder Ladungsbetrag oder mit einem einen gewünschten Hub des jeweiligen Stellgliedes bewirkenden Energie- oder Ladungsbetrag angesteuert werden.

Außerdem können auf diese Weise Eigenheiten und Toleranzen der Schaltung, beispielsweise Kerneigenschaften des Transformators Tr, kompensiert werden.

1. Vorrichtung zum Ansteuern wenigstens eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine, mit einem von einer Energiequelle (V) auf eine bezüglich eines Bezugspotentials (GND) vorgegebene Spannung aufladbaren Ladekondensator (C1), **dadurch gekennzeichnet,**

daß parallel zum Ladekondensator (C1) eine Reihenschaltung der Primärspule (w1) eines Transformators (Tr) und eines Ladeschalters (S1) angeordnet ist, daß der eine Anschluß der Sekundärspule (w2) des Transformators (Tr) über einen Entladeschalter (S2) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist, daß parallel zur Reihenschaltung aus Sekundärspule (w2) und Entladeschalter (S2) ein kapazitives Stellglied (P1) oder je eine Reihenschaltung aus einem Stellglied (P1 bis Pn) und einem ihm zugeordneten Auswahlshalter (A1 bis An) angeordnet ist, und daß parallel zum Ladeschalter (S1) eine vom Bezugspotential (GND) weg stromleitende Diode (D1) und parallel zum Entladeschalter (S2) eine vom Bezugspotential (GND) weg stromleitende Diode (D2) geschaltet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Sekundärspule (w2) und dem wenigstens einen Stellglied (P1 bis Pn) ein elektrisches Filter (F) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Ladeschalter (S1) und Bezugspotential (GND) eine erste Meßeinrichtung (R1) zur Bestimmung des primären Ladestroms geschaltet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Entladeschalter (S2) und Bezugspotential (GND) eine zweite Meßeinrichtung (R2) zur Bestimmung des sekundären Entladestroms geschaltet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Reihe mit dem einen Stellglied (P1) oder zwischen dem Verbindungspunkt aller Auswahlshalter (A1 bis An) und dem Bezugspotential (GND) eine dritte Meßeinrichtung (R3) zur Bestimmung des sekundären Ladestroms geschaltet ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladeschalter (S1) für die Dauer (t2-t1) der Ladung und der Entladeschalter (S2) für die Dauer (t4-t3) der Entladung mit pulsweiten-modulierten Signalen mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis angesteuert werden.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Tastverhältnis der Ansteuersignale für den Ladeschalter (S1) oder den Entladeschalter (S2) dadurch bestimmt wird, daß der Ladeschalter (S1) bzw. der Entladeschalter (S2) so lange leitend ist, bis ein in der ersten oder zweiten Meßeinrichtung (R1, R2) gemessener Strom einen vorgegebenen Wert erreicht.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung des Ladeschalters (S1) so lange dauert, bis das zu ladende Stellglied (P1 bis Pn) eine einem bestimmten Energiebetrag oder einem bestimmten Hub zugeordnete Stellgliedspannung (Up) oder Stellgliedladung erreicht.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung bestimmter Lade- oder Entladedauern (t2-t1, t4-t3) und

Lade- oder Entladekurven der Stellgliedspannung (U_p) neben der Vorgabe der Spannung am Ladekondensator (C_1), der Frequenz und des Tastverhältnisses der Ansteuersignale für den Lade- und den Entladeschalter (S_1 , S_2) auch einzelne Ansteuerimpulse für den Lade- oder den Entladeschalter (S_1 , S_2) ausgeblendet werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

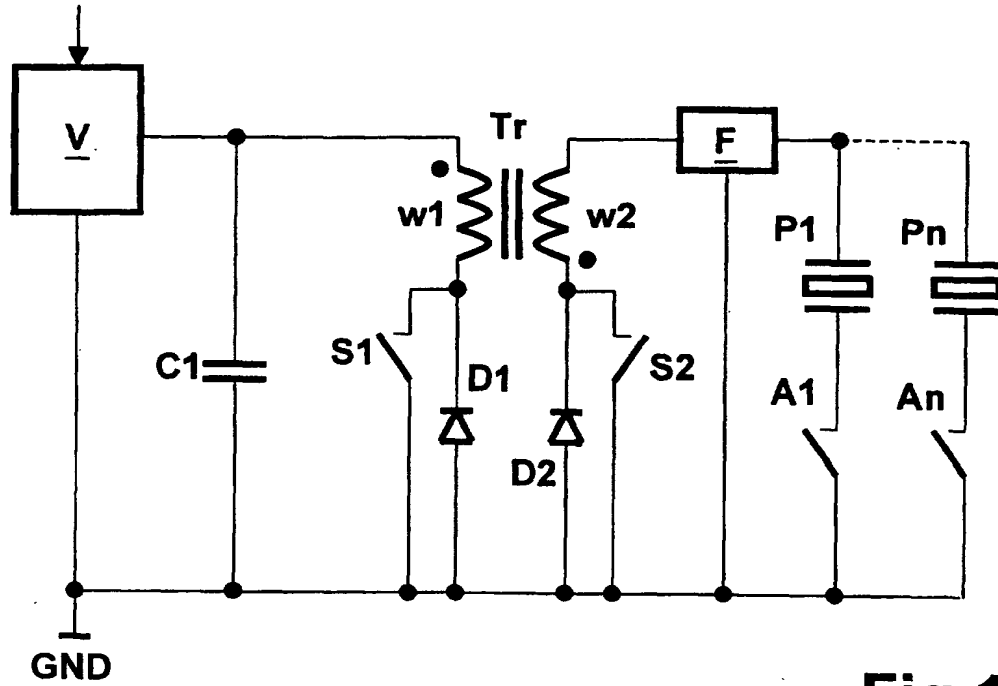


Fig 1

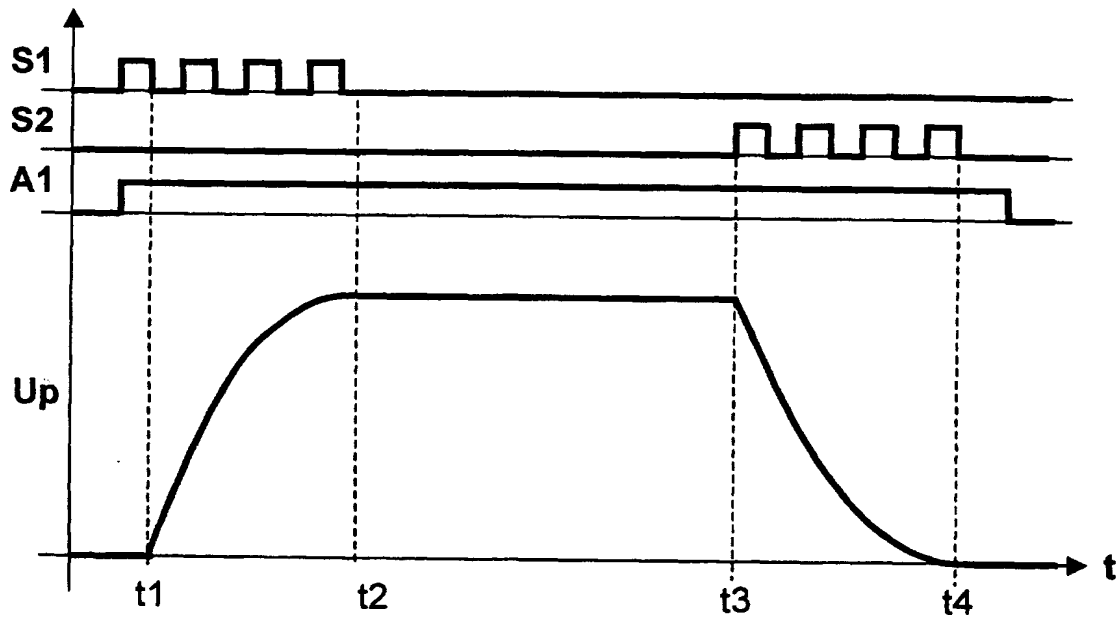


Fig 2

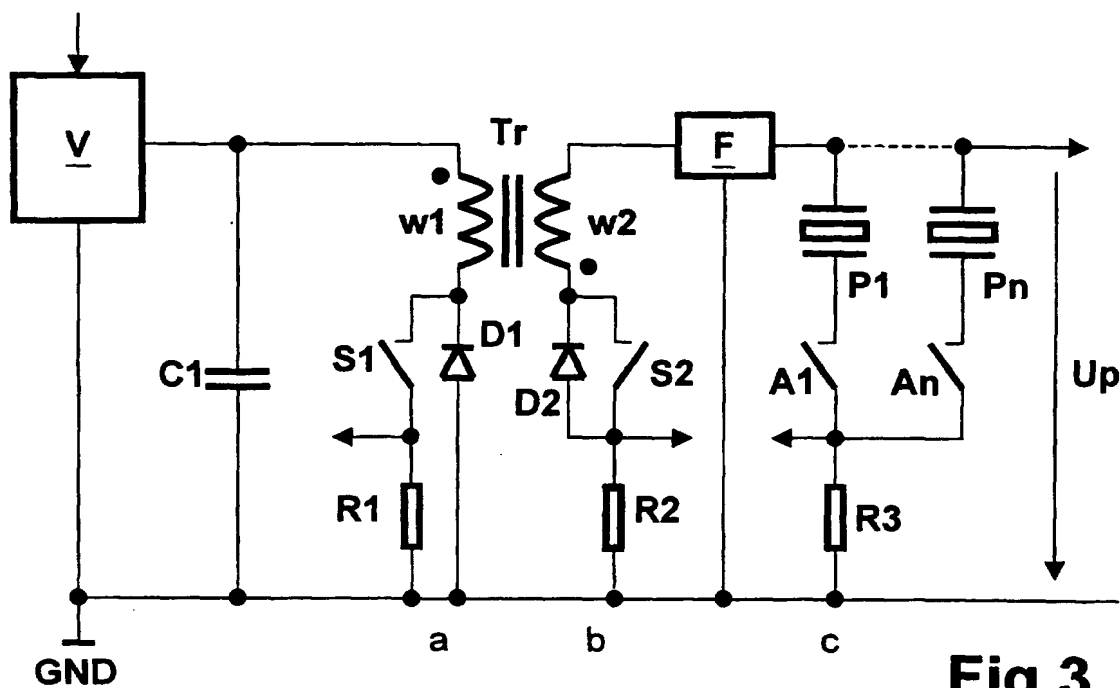


Fig 3

Docket # S3-03 P04867
 Applic. # 10/567,627
 Applicant: Aspelmayr, et al.

Lerner Greenberg Sterner LLP
 Post Office Box 2480
 Hollywood, FL 33022-2480
 Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101
 102 013/343